Das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe

von

Julius Pauksch.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Wiener Universität.

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. März 1906.)

Bei Wiesner[1] ist die Angabe zu finden, daß die vegetabilische Zellhaut diamagnetisch sei. Eingehendere Studien über das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe scheinen nicht gemacht worden zu sein, wenigstens konnte ich mit Ausnahme obiger Angabe Wiesner's und der kurzen Notiz physikalischer Werke,[2] daß Baumblätter und Holz diamagnetisch seien, in der Literatur über diesen Gegenstand nichts finden.

Im Jahre 1892 stellte Herr Hofrat Wiesner selbst mit den dem pflanzenphysiologischen Institute gehörigen Elektromagneten eine Reihe von Versuchen über das magnetische Verhalten einiger Pflanzengewebe an, welche Versuche er jedoch wegen anderer dringender wissenschaftlicher Arbeiten abbrach.

Im Verlaufe meiner Ausführungen komme ich auf diese Versuche noch zurück.

Im Herbste des Jahres 1903 hat mich Herr Hofrat Wiesner mit der Aufgabe betraut, seine Studien über das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe fortzusetzen, überhaupt den Gegenstand systematisch zu studieren, und unterstützte mich

---

[1] Wiesner, Elemente der wissenschaftlichen Botanik, I. Bd. (Wien 1881), und in den späteren Auflagen, zuletzt 1898.

[2] Siehe beispielsweise Wiedemann, Elektrizitätslehre, IV. Bd.

fortwährend bei der Durchführung der Untersuchungen. Einer eingehenden Prüfung empfahl mir Herr Hofrat Wiesner das Verhalten solcher Pflanzengewebe, welche durch einen größeren Gehalt von Eisenverbindungen ausgezeichnet sind. Merkwürdigerweise fand er bei der Untersuchung solcher Gewebe, daß dieselben diamagnetisch sind, und sprach die Vermutung aus, daß in denselben das Eisen in Form einer diamagnetischen Verbindung vorhanden sei.

Die qualitativen Untersuchungen wurden im pflanzenphysiologischen Institute mit obgenannten Elektromagneten, die quantitativen Bestimmungen aber, wo es sich um die Messung der Stärke der Anziehung, beziehungsweise Abstoßung handelte, wurden im Institute für theoretische Physik der Wiener Universität ausgeführt, wobei ich mich der Unterstützung des Assistenten Herrn Dr. Stephan Meyer zu erfreuen hatte, dem ich an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche.

Selbstverständlich wurden bei diesen Untersuchungen alle störenden äußeren Einflüsse, wie Anwendung gedrehter Fäden zum Aufhängen, eiserner Instrumente zum Schneiden der Objekte etc., vermieden.

Ferner sei bemerkt, daß es sich bei meiner Untersuchung nur um die empirische Feststellung des magnetischen Verhaltens der Pflanzengewebe handelte, die physikalisch-theoretische Deutung der festgestellten Tatsachen lag nicht im Plane der Arbeit.

Zur Verfügung stand mir der obgenannte Elektromagnet. Sein Eisenkern ist 408 *mm* lang, 55 *mm* stark, aus bestem Schmiedeeisen verfertigt. Die Bewicklung besteht aus acht Lagen 3 *mm* dicken, gut isolierten Kupferdrahtes; die größte bei diesem Apparat zur Anwendung gekommene Stromstärke betrug 10 Ampère.

Stets wurden die Untersuchungen in der Weise ausgeführt, daß die zu prüfenden Objekte an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt und dann dem Einfluß der Pole ausgesetzt wurden. Waren sie diamagnetisch, dann stellten sie sich äquatorial ein, nämlich senkrecht auf die Verbindungslinie der Pole, und wurden von jedem der beiden Pole abgestoßen, waren

sie aber paramagnetisch, so stellten sie sich axial und wurden von jedem der beiden Pole angezogen. Paramagnetische Stoffe werden sich, wenn sie zwischen zwei erregten Polspitzen aufgehängt sind, immer axial, d. h. in die Verbindungslinie der Polspitzen, einstellen; aber aus der bloßen axialen Einstellung darf man bei anisotropen Medien noch nicht auf den paramagnetischen Charakter schließen. Ich fand z. B., daß sich ein Teil eines Blattes, ein längliches Stück Hollundermark, bisweilen zwischen beiden Polen axial einstellt, die quantitative Messung jedoch deutlichen Diamagnetismus ergibt. Die axiale Einstellung läßt demnach bei anisotropen Medien nur auf das Vorhandensein verschiedener magnetischer Achsen schließen. Die quantitativen Bestimmungen zur Messung der Abstoßung, beziehungsweise Anziehung wurden nach einer bekannten physikalischen Methode so ausgeführt, daß zwischen beiden Polen eine lange Eprouvette hängt, die an einer empfindlichen eisenfreien Wage so angebracht ist, daß ihr eines Ende in der Mitte des homogenen magnetischen Feldes sich befindet, während das andere Ende außerhalb desselben schwebt.

Wägt man zunächst die Eprouvette ohne Feld, dann im Feld, so ist die Differenz beider Gewichte gleich der Abstoßung oder Anziehung, je nachdem sie im Felde einen scheinbaren Gewichtsverlust oder eine scheinbare Gewichtszunahme erfährt.

Die zu untersuchenden Substanzen werden am besten in fein gepulvertem Zustande in die Eprouvette gegeben und zuerst ohne Feld und dann nach Einschaltung des Stromes im Felde gewogen.

Von der Differenz beider Wägungen muß dann die früher gefundene Abstoßung oder Anziehung des Glases in Abrechnung gebracht werden, um die richtige Maßzahl der Abstoßung oder Anziehung der verwendeten Substanz zu erhalten. Um die Stoffe bezüglich der Stärke der Abstoßung untereinander zu vergleichen, wurde als Vergleichseinheit das chemisch reine Wasser gewählt. Es empfiehlt sich dann, den Versuch in der Weise zu machen, daß von allen Stoffen gleiche Volumina untersucht werden, um ihre Magnetisierungszahlen zu berechnen, und zwar in folgender Weise: Bezeichne ich die Kraft, mit der ein bestimmtes Volumen eines Stoffes angezogen, beziehungsweise

abgestoßen wird, mit p, so ist $p = \frac{M^2}{2g} K$, wobei M die Feldstärke, g die Akzeleration der Schwere und K die Magnetisierungszahl oder Suszeptibilität bedeutet.

Für Wasser ist:

$$p_{H_2O} = \frac{M^2 . K_{H_2O}}{2g},$$

daher $p_{H_2O} : p = K_{H_2O} : K$, in welcher Gleichung p, p_{H_2O} und K_{H_2O} bekannt sind, daher $K = \frac{p K_{H_2O}}{p_{H_2O}}$.

Der Faktor K_{H_2O}, d. h. Suszeptibilität[1] für Wasser, ist gegeben durch

$$K_{H_2O} = -0 \cdot 69 (1 - 0 \cdot 0016 t) 10^{-6},$$

wobei t die jeweilige Temperatur bedeutet, bei welcher der Versuch gemacht wurde, daher die Suszeptibilität des zu untersuchenden Stoffes

$$K_x = -\frac{p_x 0 \cdot 69 (1 - 0 \cdot 0016 t) 10^{-6}}{p_{H_2O}}.$$

Will ich noch die spezifische Suszeptibilität, d. h. die Suszeptibilität der Masseneinheit wissen, so muß ich obiges K_x durch die in der Volumeneinheit bei der gegebenen Pulveranordnung vorhandene Masse (scheinbares spezifisches Gewicht der jeweiligen Raumanordnung der Teilchen) der betreffenden Substanz dividieren.

Magnetisches Verhalten einiger Pflanzenstoffe.

Meine erste Aufgabe war die, eine Anzahl jener Stoffe auf ihr magnetisches Verhalten zu prüfen, die in erster Linie am Aufbau des Pflanzenkörpers beteiligt sind, soweit sie mir zur Verfügung standen und eine Untersuchung zuließen.

[1] Dr. Gustav Jäger und Dr. Stephan Meyer, Untersuchungen über die Magnetisierungszahl des Wassers. Diese Sitzungsberichte, CVIII. Bd. (1899), Abt. IIa, p. 271 ff.

Zunächst untersuchte ich Zellulose,[1] denn sie hat unter allen Pflanzenstoffen neben den Eiweißstoffen vielleicht die weiteste Verbreitung. Chemisch reine Zellulose ist diamagnetisch. Verschiedene Arten der Zellulose, wie Natron- und Sulfitzellulose, reine Baumwolle, wurde in kleinen Stücken zwischen den Polen aufgehängt und, als der Magnetismus erregt wurde, von den Spitzen abgestoßen.

Neben Zellulose wurde noch eine große Zahl anderer Stoffe qualitativ und einzelne auch quantitativ geprüft. Die Resultate dieser Untersuchungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt, in welcher bei Kolonne »Gewichtsdifferenz« das negative Vorzeichen Gewichtsverlust im magnetischen Felde, mithin die Stärke des Diamagnetismus bedeutet.

Name des Stoffes	Gewicht der verwendeten Stoffmenge	Gewichtsdifferenzen derselben im Felde
Sulfitzellulose	0·638 *g*	—0·244 *g*
Baumwolle	0·783	—0·016
Weizenstärke	3·590	—0·079
Kartoffelstärke	3·9	—0·11
Reisstärke	4·046	—0·091
Gummi von *Prunus avium*	5·679	—0·045
Gummi arabicum	5·198	—0·019
Tragant von *Astragalus* sp.	3·842	—0·019
Harz von der Schwarzföhre	7·408	—0·034

Die nachstehend angeführten Stoffe wurden nur qualitativ untersucht. Dieselben wurden durchaus diamagnetisch befunden. Es sind dies die folgenden Stoffe: Weihrauch von *Boswellia Carteri*, Gummigutti, Gummi von *Acacia Verek*, *A. Senegal*, *A. Ehrenbergiana*, Tragant von *Astragalus creticus*, Albumin, Fichtenharz, Lärchenharz, Koniferin, Vanillin, Olivenöl, Rizinusöl, Kakaobutter, Tabaschir, Agar-Agar und Gelatine.

[1] Über das chemische Verhalten derselben siehe Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, I. Bd., 2. Auflage, Leipzig 1900.

Zur Bestimmung einiger Magnetisierungszahlen ging ich in der früher angegebenen Weise vor.

Ich fand, daß eine 50 *mm* hohe Flüssigkeitssäule von destilliertem Wasser bei 15° C. Zimmertemperatur eine Abstoßung von $p_{H_2O} = -0 \cdot 1\, g$ erfährt; das Gewicht dieser Menge außerhalb des magnetischen Feldes betrug $7 \cdot 46\, g$, mithin das Volumen rund[1] $7 \cdot 46\, cm^3$; das gleiche Volumen Stärke ($C_6H_{10}O_5$) in der Eprouvette, gleichfalls eine Säule von 50 *mm* Höhe einnehmend, erfuhr eine Abstoßung $p_{C_6H_{10}O_5} = -0 \cdot 12\, g$

$$K_{C_6H_{10}O_5} = \frac{(-0 \cdot 12)(-0 \cdot 69)(-1-0 \cdot 0016 . 15) 10^{-6}}{-0 \cdot 1} =$$

$$= -\frac{0 \cdot 12}{0 \cdot 1} \cdot 0 \cdot 6734 . 10^{-6} = 0 \cdot 000000808128 =$$

$$= -0 \cdot 81 . 10^{-6}$$

$$K_{H_2O} = -0 \cdot 67 . 10^{-6}$$

Die spezifische Suszeptibilität beträgt daher

$$\frac{0 \cdot 81 . 10^{-6}}{\text{spezifisches Gewicht}} .$$

Das scheinbare spezifische Gewicht läßt sich berechnen, da die Menge Substanz abgewogen wurde.

Ist diese Menge $= M$, so ist die scheinbare Dichte $= \frac{m}{7 \cdot 46}$ und daraus die spezifische Suszeptibilität $= -\frac{0 \cdot 81 . 7 \cdot 46}{m} 10^{-6}$.

Über das magnetische Verhalten des Holzes.

Unter den Daten, welche mir Herr Hofrat Wiesner zur Verfügung stellte, befanden sich auch einige auf Holz bezugnehmende.

Ich bemerke gleich, daß in den Versuchen das Holz diamagnetisch befunden wurde.

Auch meine auf ein viel größeres Material ausgedehnten Untersuchungen ergaben übereinstimmend Diamagnetismus,

[1] Dichte des Wassers bei 4° C. = 1·0000, bei 15° C. = 0·999132.

allerdings mit der Beschränkung, daß die Stärke des letzteren in verschiedener Orientierung des Objektes verschieden ist.

Wenn es sich darum handelt, das magnetische Verhalten des Holzes quantitativ zu bestimmen, ist es am zweckmäßigsten, dasselbe in Form von Holzmehl in eine Eprouvette zu geben und in der bereits früher angegebenen Weise zu wägen.

Bei meinen Versuchen füllte ich die Eprouvette stets bis zu einer Höhe von 40 *mm* an und fand bei einer Anzahl von Holzarten folgende Resultate:

Art des Holzes	I	II	III	IV
	m = Gewicht	p = Stärke der Abstoßung	V = Volumen	Magnetisierungszahl, bezogen auf die Masseneinheit[1]
Fraxinus excelsior	1·101 *g*	0·018 *g*	5·96 cm^3	$0·65 . 10^{-6}$
Carpinus betulus	1·4	0·016	»	$0·45 . 10^{-6}$
Aesculus Hippocastanum	1·6	0·015	»	$0·37 . 10^{-6}$
Cytisus Laburnum	1·12	0·016	»	$0·56 . 10^{-6}$
Acer campestris	1·53	0·021	»	$0·77 . 10^{-6}$
» *platanoides*	1·13	0·019	»	$0·65 . 10^{-6}$
Prunus avium	1·311	0·016	»	$0·48 . 10^{-6}$
» *Mahaleb*	0·99	0·019	»	$0·71 . 10^{-6}$
Pinus montana	1·81	0·016	»	$0·29 . 10^{-6}$
Abies pectinata	1·66	0·018	»	$0·43 . 10^{-6}$
Larix europaea	1·7	0·012	»	$0·27 . 10^{-6}$
Syringa vulgaris	1·41	0·015	»	$0·42 . 10^{-6}$
Quercus sp.	1·81	0·019	»	$0·41 . 10^{-6}$
Tilia parvifolia	1·1	0·015	»	$0·54 . 10^{-6}$

Die in Kolonne II angeführten Zahlen, welche die Stärke der Abstoßung der verwendeten Masse bedeuten, sind natürlich sehr variable Größen, denn sie hängen allzu sehr von der

[1] Abgekürzt auf zwei Dezimalen.

zufälligen, mehr oder minder lockeren Raumanordnung (d. i. scheinbaren Dichte) des eingefüllten Holzmehls ab.

Sie werden aber brauchbar, wenn ich spezifische Magnetismen, d. h. die Magnetisierungszahlen bezogen auf die Masseneinheit, bestimmen will. Zu diesem Zwecke brauche ich nur mit Hilfe der früher angegebenen Formel K, d. i. die Magnetisierungszahl der jeweiligen Menge, berechnen und durch das Gewicht der Substanz dividieren und mit dem Gewicht des 40 *mm* hoch eingefüllten Wassers multiplizieren. Mithin

$$K = \frac{p K_{H_2O}}{p_{H_2O}} \cdot \frac{V}{m}$$

$$p_{H_2O} = 0 \cdot 1001\, g.$$

Neben den obgenannten Holzarten untersuchte ich noch eine Anzahl anderer, die ich, ohne die früher beschriebene Wägung auszuführen, bloß auf ihr Verhalten zwischen den zwei Polspitzen prüfte.

So untersuchte ich noch Holz von *Juglans regia, Evonymus europaeus, Sambucus nigra, Betula alba, Platanus orientalis, Pirus communis, P. malus, Lonicera* sp., *Caragana pendula, Rhus typhina, R. cotinus, Viburnum Opulus, Nerium oleander, Ligustrum vulgare, Eleagnus* sp., *Rhododendron hirsutum, Cornus mas, C. sanguinea, Ulmus campestris, Buxus sempervirens, Robinia pseudacacia.*

Sämtliche von mir untersuchten Holzarten waren diamagnetisch. Schon bei früherer Gelegenheit habe ich hervorgehoben, daß ein und dasselbe Gewebe bei verschiedener Orientierung verschieden starken Diamagnetismus zeigt. Die weitere Ausführung dieser Tatsache, welche mit dem Vorhandensein magnetischer Achsen zusammenhängt, ist einem späteren Abschnitt dieser Abhandlung vorbehalten.

Verhalten der Blätter.

Nicht so einfach wie das Verhalten der Hölzer war das der Blätter. Auch sie zeigten vorwiegend diamagnetischen Charakter, einzelne jedoch wurden bei gewisser Orientierung deutlich angezogen. Auch fand ich, daß das Verhalten frischer

und toter Blätter in manchen Fällen voneinander verschieden, ja gerade entgegengesetzt ist. Zum Zwecke der Untersuchung schnitt ich größere Blätter in Scheiben von 2 bis 3 cm^2 Größe, die ich dann an einem Kokonfaden in drei verschiedenen Richtungen aufhing. nämlich so, daß ihre durch den Hauptnerv gegebene Achse 1. axial, 2. äquatorial, 3. vertikal gerichtet war.

Ich untersuchte zunächst frische grüne Blätter und fand, daß sie zwar vorwiegend, aber doch nicht durchwegs diamagnetisch waren. Unter etwa hundert von mir untersuchten Blattarten fand ich folgende in jeder Lage diamagnetisch:

Rosa (verschiedene Spezies), *Solanum tuberosum, Sedum telephium, Tropaeolum maius, Aralia Sieboldi, Aesculus Hippocastanum, Cheiranthus cheiri, Pinus montana, Evonymus europaeus, E. japonicus, Buxus sempervirens, Citrus media, C. aurantium, Robinia pseudacacia, Syringa vulgaris, Arum maculatum, Echeveria glauca, Acer platanoides, A. pseudoplatanus, A. campestris, Ailanthus glandulosa, Ligustrum vulgare, Berberis vulgaris, Pirus communis, Juglans regia, Iris pumila; Orchis* (verschiedene Spezies) und zahlreiche andere.

Gleichfalls diamagnetisch in jeder Lage waren die Phylloladien von *Ruscus aculeatus* und *Muehlenbeckia* sp.

Bei einer kleinen Zahl von Blättern machte ich die Wahrnehmung, daß sie dann, wenn ihre Hauptachse im magnetischen Felde axial gerichtet war, von jedem Pole angezogen wurden. Diese Erscheinung fand ich bei älteren Blättern von *Cytisus Laburnum*, bei *Plantago major* und bei *Chelidonium majus*. Ich untersuchte die meisten angeführten Blattarten in verschiedenen Entwicklungsstufen, konnte aber diesbezüglich keine Verschiedenheiten wahrnehmen. Anders jedoch verhielten sich lufttrockene Blätter. Sie waren bisweilen im Gegensatz zu den frischen paramagnetisch.[1] Ich untersuchte vergleichsweise normale und etiolierte Blätter, und zwar von *Zea, Helianthus, Pisum, Solanum*, konnte aber ein abweichendes Verhalten der grünen von den etiolierten Blättern nicht feststellen.

[1] Siehe folgendes Kapitel, betreffend den Einfluß des Wassergehaltes auf das magnetische Verhalten der Gewebe.

Grundgewebe.

Von dieser Gewebeart habe ich nur einige Markarten untersucht. Mark von *Sambucus* zeigte im frischen Zustande deutliche Abstoßung, im trockenen Zustande aber ziemlich starke Anziehung. Dasselbe Verhalten fand ich beim Marke von *Helianthus annuus*. Das von *Chenopodium album* aber war im frischen wie im trockenen Zustande paramagnetisch.

Hautgewebe.

Ich verwendete zunächst die Oberhaut von *Allium Cepa, A. Porrum* und *Echeveria glauca*. Dabei fand ich, daß alle von mir untersuchten Stücke dieser Oberhäute, die sich durch einfaches Abschälen leicht erhalten lassen, stark paramagnetisch waren, denn sie wurden von jedem Pole deutlich angezogen. Desgleichen fand ich paramagnetisch eine Anzahl von Peridermgeweben, so z. B. von *Betula verrucosa, Syringa vulgaris, Citysus Laburnum, Aesculus Hippocastanum, Ampelopsis hederacea, Rubus Idaeus*.

Dagegen war das Periderm von *Caragana arborea* (var. *pendula*), das von *Platanus orientalis, Prunus avium, P. Mahaleb* und *Juglans regia* diamagnetisch.

Auch den gewöhnlichen Kork fand ich diamagnetisch.

Sklerenchymgewebe.[1]

Behufs Untersuchung dieser Gewebe verwendete ich die im nachstehenden angeführten Steinschalen von Samen und Früchten. Die zu prüfenden Objekte wurden teils in kleinen Stücken zwischen den Polen aufgehängt, teils zu einem feinen Pulver zerstoßen, um den Grad der Abstoßung in der eingangs angegebenen Weise ermitteln zu können.

Alle untersuchten Sklerenchymgewebe waren stark diamagnetisch. Ich fand z. B., daß 7·46 cm^3 pulverisierter Steinschalen, die in der von mir verwendeten Eprouvette eine Höhe von 50 *mm* einnahmen, folgende Werte ergaben:

---

[1] Sklerenchym im Sinne von Mettenius, Wiesner, Haberlandt, also nicht nach de Bary.

Steinschalen von		Stärke der Abstoßung		
Juglans regia	$7 \cdot 46\ cm^3$	50 *mm*	Höhe	0·046 *g*
Corylus avellana	»	»	»	0·019
Amygdalus communis	»	»	»	0·042
Prunus armeniaca	»	»	»	0·064
Bertholletia excelsa	»	»	»	0·035

Um Stranggewebe zu untersuchen, wurden aus größeren Blättern, wie *Aralia Sieboldi*, *Ficus elastica*, *Aesculus Hippocastanum*, *Fagus silvatica*, *Sambucus nigra*, *Ailanthus glandulosa*, *Acer campestris*, *Platanus orientalis*, *Juglans regia* u. a., die Nerven herauspräpariert und in kleinen Stücken aufgehängt; sie zeigten durchwegs Abstoßung.

Ich teile hier noch die Resultate mit, welche Herr Hofrat Wiesner bei seinen 1892 begonnenen Versuchen, betreffend das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe erhielt, und die er mir gütigst zur Verfügung stellte.

1.	*Laminaria*	trockenes	Lager	diamagnetisch
2.	*Fucus vesiculosus*	»	»	»
3.	*Chondrus crispus*	»	»	»
4.	*Macrocystis pyrifera*	»	»	»
5.	*Polyporus sulfureus*	trockener Fruchtkörper		»
6.	*Polyporus officinalis*	trockenes	Lager	»
7.	*Secale cornutum*	trocken		»
8.	Hefe	frisch		»
9.	Hefe	trocken		»

Auch mit der Untersuchung des magnetischen Verhaltens von Hölzern hat sich Herr Hofrat Wiesner beschäftigt. Zu diesem Zwecke schnitt er die Objekte in kleine Würfel, um die Orientierung der Fasern berücksichtigen zu können.

Seine Beobachtungen waren folgende:

Holz von	Fasern	
Ailanthus glandulosa	axial	diamagnetisch
Tilia parvifolia	äquatorial	»
Fagus silvatica	axial	»
Abies pectinata	äquatorial	»

Holz von	Fasern	
Abies pectinata	axial	diamagnetisch
Fagus silvatica	äquatorial	»
Acer sp.	axial	»
» »	äquatorial	»

Unter den übrigen Geweben und Gewebekomplexen, welche ich noch untersuchte, zeigten nur wenige noch Paramagnetismus. Angezogen wurde Parenchym aus den breiten Schoten von *Lunaria biennis* und rote Zwiebelschalen von *Allium Cepa*. Dagegen fand ich diamagnetisch alle von mir untersuchten Blumenblätter und fleischigen Wurzeln, Schuppen verschiedener Koniferenzapfen, Samenschalen von *Pisum sativum*, *Phaseolus multiflorus* u. a. Sämtliche untersuchte Samen von *Pisum sativum, Phaseolus multiflorus*, *Phoenix dactilifera*, *Eryobotria japonica*, ferner Getreidekörner waren diamagnetisch. Bei Samen wurden die Samenhaut und die Kotyledonen einzeln untersucht, aber auch der Samen in toto; die Fasern[1] von *Linum usitatissimum, Corchorus capsularis* und *Cannabis sativa* habe ich paramagnetisch gefunden. Aber auch jene trockenen Fasern, die ich mir aus den Stengeln von *Linum usitatissimum* und *Cannabis sativa* herauspräparierte, waren paramagnetisch.

Einfluß des Wassergehaltes auf das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe.

Schon oben habe ich darauf hingewiesen, daß der Wassergehalt das magnetische Verhalten der Gewebe beeinflußt. Zufällig beobachtete ich an einem halbvertrockneten Blatte von *Scilla armoracia*, daß der grüne, frische Teil stark diamagnetisch war, während der andere, welke und bereits gelb gewordene Teil entschieden vom Magnetpol angezogen wurde. Dieses entgegengesetzte Verhalten derselben Blätter konnte wohl nur in dem verschiedenen Wassergehalt des Objektes seinen Grund haben. Meine Vermutung wurde auch durch die

[1] Durchwegs verkäufliche Handelsware.

zahlreichen über diesen Gegenstand angestellten Versuche bestätigt. Ich untersuchte zunächst eine Reihe von Blättern im frischen Zustand und ließ dieselben Blätter, deren Verhalten ich eben als diamagnetisch festgestellt hatte, lufttrocken werden, teils machte ich sie im Heißluftbade bei 110° C. vollständig trocken. Bei den Blättern mancher Pflanzen konstatierte ich, daß sie im welken oder auch bisweilen erst im lufttrockenen Zustand eine merkliche Anziehung erkennen ließen. Andere Blätter dagegen, welche im frischen Zustande stark abgestoßen wurden, erfuhren im trockenen Zustande eine bedeutend schwächere Abstoßung. Dies war z. B. bei den Blättern von *Aesculus Hippocastanum, Juglans regia, Orchis* sp., *Aralia Sieboldi, Lilium Martagon, Iris pumila, Pirus* sp. und zahlreichen anderen der Fall, während trockene Blätter von *Sedum telephium, Scilla armoracia, Cheiranthus cheiri, Syringa vulgaris, Robinia pseudacacia* eine schwache Anziehung erfuhren.

Zur genaueren Feststellung dieser Tatsache ging ich in folgender Weise vor. Ich nahm eine bestimmte Menge fein zerteilter Spinatblätter (es waren 5·103 *g*) und bestimmte wie früher die Stärke ihrer Abstoßung, welche 0·078 *g* betrug. Dann trocknete ich diese zerkleinerten Blätter vollständig im Heißluftbade bei 110° C. Dabei verlor die Masse 2·232 *g* Wasser, was etwa 43 % gleichkommt. Die übriggebliebene Masse Spinatblätter, welche im getrockneten Zustande 2·871 *g* wog, wurde bei gleicher Feld- und Stromstärke wie früher nur mit einer Stärke von 0·016 *g* abgestoßen. Die Differenz zwischen 0·078 und 0·016 (= 0·062) ist demnach gleich der Abstoßung des in den Blättern enthalten gewesenen liquiden Wassers. Bei einem Blatte von *Aralia Sieboldi*, dessen Wassergehalt 72 % betrug, fand ich die Abstoßung im lufttrockenen Zustande halb so groß als im frischen.

Infolge des großen Einflußes, den der Wassergehalt auf das magnetische Verhalten ausübt, ist es erklärlich, warum die gleichen Gewebe bisweilen kein einheitliches Verhalten zeigen, und es wird daher nicht wundernehmen, wenn Gewebe, die ich in meiner Abhandlung als paramagnetisch bezeichnet habe, sich bei anderen Versuchen als diamagnetisch erweisen.

So habe ich selbst bei Hollundermark, das ich als paramagnetisch angegeben habe, im Verlauf meiner Beobachtung Stücke gefunden, die im Gegensatz zu den früheren entschieden diamagnetisch waren.

Ich unterzog nun einige diamagnetische Hollundermarkstücke einer genauen Messung der Intensität des Magnetismus. Dabei fand ich, daß nach erfolgter Trocknung immer Paramagnetismus auftrat. So wogen z. B. 2·563 *g* frisches Hollundermark im magnetischen Felde nur 2·479 *g*. Nach erfolgter Trocknung aber betrug das Gewicht derselben Masse im magnetischen Felde 2·597 *g*, daher eine Anziehung von 0·034 *g*, und zwar trotz ziemlich bedeutenden Wasserverlustes, der etwa 10% betrug.

Einfluß der Zell- und Gewebestruktur auf das magnetische Verhalten vegetabilischer Gewebe.

An verschiedenen pflanzlichen Objekten, wie an einzelnen Stücken Hollundermark, Holzfasern, Blattrippen, ferner an einigen Blattarten habe ich die Beobachtung gemacht, daß die zwischen beiden erregten Polen hängenden Objekte sich mit ziemlicher Heftigkeit in die äquatoriale Lage einstellen, während die Abstoßung von einem einzigen erregten Pole sehr gering, bisweilen unmerklich war. Ich fand auch, daß ein 3 *cm* langes Stück Hollundermark sich zwischen beiden Polen axial einstellte, woraus ich natürlich zuerst auf paramagnetische Eigenschaften schloß.

Als ich unmittelbar darauf dasselbe Stück einer genauen Messung bezüglich der magnetischen Stärke unterzog, fand ich im erregten Magnetfeld eine Abstoßung (Gewichtsdifferenz) von 0·046 *g*.

Ebenso auffallend war auch das Verhalten eines Blattes von *Plantago major*. Ein etwa 2 cm^2 großes Stück davon wurde so zwischen beiden Polen aufgehängt, daß die Längsachse des Blattes horizontal gerichtet war. Im erregten Felde stellte es sich axial ein, so daß die Blattfläche in die Vertikalebene der beiden Pole zu liegen kam. Als aber dasselbe Stück

nur einem einzigen Pole ausgesetzt wurde, erfuhr es eine deutliche Abstoßung

Diese Erscheinungen führten mich zunächst zur Überzeugung, daß man hier aus der bloßen axialen Einstellung noch nicht auf paramagnetischen Charakter schließen darf, was der oben angeführte Versuch mit Hollundermark tatsächlich beweist.

Da wir es bei pflanzlichen Zellen und Geweben mit organisierten Gebilden zu tun haben, so schloß ich auf das Vorhandensein verschiedenwertiger magnetischer Achsen.

Durch genaue Versuche fand ich diese Ansicht bestätigt. Die Versuche machte ich in folgender Weise: Ich ließ aus mehreren Holzarten, wie *Aesculus Hippocastanum, Acer* und *Pinus*, je zwei ganz gleich große Zylinder, deren spezifisches Gewicht fast gleich war, so herstellen, daß bei je einem Zylinder die Fasern parallel zur Längsachse desselben liefen, beim zweiten aber normal zu ihr waren.

Ich gab nun jeden dieser Zylinder, deren Länge 45 *mm* und deren Durchmesser des Querschnittes 12 *mm* betrug, in eine Eprouvette, deren Abstoßung ich vorher in eingangs erwähnter Weise ermittelt hatte, und bestimmte die Größe der Abstoßung. Auf diese Art erhielt ich bei *Acer* folgende Resultate: Jener Zylinder, dessen Fasern mit ihrer Längsachse vertikal standen, erfuhr eine Abstoßung in der Stärke von 0·040 *g*, jener aber, dessen Fasern im magnetischen Felde quer gerichtet waren, erfuhr eine Abstoßung von nur 0·019 *g*. Diese Zahlen ergeben, daß die Längsachse der Zellen, welche im ersten Falle der Einwirkung des Magnetfeldes ausgesetzt war, etwa doppelt so stark diamagnetisch war als die Querachse. Bei den Zylindern von *Pinus* ergab die Messung folgende Resultate: Längsachse 0·009 *g*, Querachse 0·003 *g*; bei den Zylindern von *Aesculus Hippocastanum* fand ich die Längsachse diamagnetisch mit 0·031 *g*, die Querachse 0·018 *g*. Die großen Differenzen zwischen je zwei Zahlen geben trotz des angenähert gleichen spezifischen Gewichtes (je zwei Zylinder derselben Art waren aus demselben Stammstück hergestellt) ein deutliches Bild von der Verschiedenartigkeit der magnetischen Längsachse und der Querachse in der Zelle. Es muß aber eingeräumt werden, daß

diese von mir angeführten Zahlen nicht etwa völlig konstante Größen bedeuten.

Das Vorhandensein magnetischer Achsen im Zellkörper erklärt auch die Tatsache, warum ein organisiertes Gebilde, wie es die Zelle ist, trotz axialer Einstellung diamagnetisch sein kann und es auch tatsächlich ist, z. B. das Hollundermark. Die Einstellung zwischen zwei Polen erfolgt bei anisotropen Medien nämlich immer nach der stärker magnetischen Achse.

Bei jenen Geweben, deren Elemente nach verschiedenen Richtungen orientiert sind, ist die Beurteilung der magnetischen Achsenverhältnisse natürlich ungemein schwierig. Wenn sich z. B. ein bilateral gebautes Blatt mit seiner Fläche äquatorial einstellt, vermag ich nicht zu entscheiden, welche Zellachsen, ob die Längsachsen der Palisadenzellen oder gewisse Achsen des Schwammgewebes, für die Einstellung maßgebend waren. Wenn ich annehme, daß die Längsachsen der Palisadenzellen die diamagnetisch schwächere, mithin als magnetisch stärkere, die Achsen sämtlicher anderer Zellen dieses Blattes überwiegen, dann muß natürlich eine äquatoriale Einstellung des ganzen Blattes erfolgen.

Bei sämtlichen Beobachtungen an Holz habe ich gefunden, daß die Längsachse die diamagnetisch stärkere ist, weshalb sich Holzfasern mit ihrer Querachse, welche im Vergleich zur ersteren magnetisch stärker ist, axial einstellen.

Wenn sich ein isolaterales Blatt von *Viscum album* mit großer Heftigkeit äquatorial einstellt, so kann man daraus schließen, daß die zur Blattoberfläche normale Achse, welche bei äquatorialer Orientierung des Blattes axial steht, die magnetisch stärkere ist. Bei Zellkomplexen (Geweben und Organen) werden sich die einzelnen Achsen natürlich gegenseitig summieren oder reduzieren je nach der Anordnung und der Stärke der Komponenten.

Aus den von mir schon oben angeführten Beobachtungen an Holz und Blättern geht zwar hervor, daß Längsachse und Querachse der Zelle an der Orientierung im magnetischen Felde in erster Linie beteiligt sind; ob aber die magnetischen Achsen der Zelle mit der geometrischen immer genau zusammenfallen, vermag ich nicht zu entscheiden, da ich die zu diesen

Beobachtungen nötigen Studien mangels der erforderlichen Mittel nicht machen konnte.

Welchen Einfluß hat der Eisengehalt eines Gewebes auf dessen magnetisches Verhalten?

Ein kurzer Rückblick auf die im früheren angeführten Tatsachen zeigt uns, daß der Diamagnetismus im Pflanzenreich viel häufiger ist als der Paramagnetismus, letzterer zwar auch, aber nur vereinzelt auftritt. Wenn man bedenkt, daß am Aufbau eines Gewebes stets Mineralsubstanzen Anteil nehmen, die bis auf zwei, Mangan und Eisen, diamagnetisch sind, so wird namentlich mit Rücksicht auf das oben angeführte magnetische Verhalten der an dem Aufbau der Zellen anteilnehmenden organischen Stoffe das Vorherrschen des Diamagnetismus wohl verständlich. Da nun sämtliche Stoffe, aus denen das Pflanzengewebe besteht, ihren Einfluß im magnetischen Felde in additiver Weise geltend machen, so ist wohl klar, daß der Paramagnetismus eines Gewebes nur auf die beiden Elemente Mangan und Eisen zurückzuführen ist. Vor allem interessiert die Frage, in welcher Weise das Eisen das magnetische Verhalten eines Gewebes bestimmt.

Die Verbreitung dieses Elementes im Pflanzenreich ist bekanntlich eine außerordentlich große und seine Rolle im Leben der Pflanze eine sehr bedeutende. Seine Verbreitung wurde unter anderen auch von H. Molisch[1] in einer sehr anziehenden Schrift in eingehender Weise behandelt. Nach seinen Untersuchungen liegt das Eisen in der Pflanze in zweierlei Modifikationen vor, nämlich in einer solchen, in der es sich durch die gewöhnlichen Reagenzien auf Eisensalze (Oxydul- und Oxydsalze), z. B. mit Ferrocyankalium und Rhodankalium, leicht nachweisen läßt, und in einer zweiten, bei der alle diese Reaktionen mißlingen. Diese zweite Art der Eisenverbindungen, welche sich erst nach Behandlung mit gesättigter wässeriger Kalilauge nachweisen lassen, nennt Molisch »maskiertes Eisen«.

[1] H. Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892.

Alles in der Pflanze vorkommende maskierte Eisen liegt nach der Ansicht Molisch' in organischer Bindung vor, über deren Natur wir bisher nicht ins Klare gekommen sind. Aus den Eisenverbindungen, welche in der Asche der Pflanzengewebe sich befinden, läßt sich kein Schluß auf die Verbindung ziehen, in welcher das Eisen in derselben vorkommt. Eingehende Studien über das magnetische Verhalten von organischen Eisensalzen sind vor langer Zeit von Hofrat Wiesner[1] angestellt worden. Von den bekanntesten Eisenverbindungen organischer Natur ist nach Wiesner's Untersuchungen das gelbe Blutlaugensalz, Ferrocyankalium, diamagnetisch, während Ferricyankalium, das rote Blutlaugensalz, entschieden paramagnetisch ist. Man sieht hieraus, daß es Eisenverbindungen gibt, die entschieden diamagnetisch sind. Welcher Art aber die diamagnetischen Eisenverbindungen sind, welche in den trotz bedeutenden Eisengehaltes doch diamagnetischen Pflanzengeweben auftreten, konnte nicht festgestellt werden. Diese beiden Eisensalze wurden von mir als Ausgangsobjekte für meine Untersuchungen verwendet. Zunächst überzeugte ich mich, bis zu welchem Grade der Konzentration einer Lösung von rotem Blutlaugensalz sich der Diamagnetismus des Wassers geltend mache; dabei kam ich zu dem Resultat, daß selbst eine 20prozentige Ferricyankaliumlösung noch diamagnetisch ist und erst bei dem Mischungsverhältnis: 25 *g* rotes Blutlaugensalz auf 100 *g* destilliertes Wasser der Paramagnetismus des Eisensalzes ausschlaggebend ist.

An der Hand der in oben angeführtem Werke von Molisch[2] enthaltenen Tabellen zur Eisengehaltbestimmung sowie der Aschenanalysen von Wolff[3] untersuchte ich eine Reihe von Pflanzen mit auffallend hohem, in der Asche nachgewiesenem Eisengehalt. Unter anderem erhielt ich mit solchen Pflanzen folgende Resultate:

---

[1] Wiesner, Untersuchungen über das magnetische Verhalten einiger Cyanverbindungen des Eisens, Nickels, Cobalts. Sonderabdruck aus dem XLVI. Bande dieser Sitzungsberichte. Wien 1862.

[2] H. Molisch, l. c., p. 43 f.

[3] E. Wolff, Aschenanalysen. Berlin 1871.

	Eisengehalt	
Rettich, Blätter	8·72 %	der Reinasche stark diamagnetisch.
Lupine	7·40	
Kiefernholz	10	
Kiefernadeln	8·08	
Buche, Blätter	1·44	
Lärche, Blätter	6·41	
Fichtenholz	14	
Daucus Carota, Blätter	2·74	
Kohlrabi, Blätter	7·05	
Allium Cepa, Blätter	6·04	
Trapa natans	26	

Fast sämtliche in vorstehender Tabelle angeführten Objekte untersuchte ich auch im trockenen Zustande, nachdem ich sie mehrere Stunden einer Temperatur von 110° C. ausgesetzt hatte, und fand, daß sie auch dann noch diamagnetisch waren. In diesem Falle kommen für das magnetische Verhalten nur die organischen und mineralischen Bestandteile des Gewebes in Betracht. Hiebei ist nur zweierlei möglich, entweder ist der Diamagnetismus der diamagnetischen Stoffe ein so bedeutender, daß er den Paramagnetismus des vorhandenen Eisens überwiegt, oder es sind in dem betreffenden Gewebe keine paramagnetischen Eisensalze enthalten. Um mich zu überzeugen, wie weit ein paramagnetisches Eisensalz eines Gewebes, indem es suspendiert ist, sich geltend macht, ging ich in folgender Weise vor. Ein rechteckiges Stück reine Sulfitzellulose wurde bei 110° C. so lange getrocknet, bis keine Gewichtsabnahme mehr stattfand. Die Trockensubstanz, deren Gewicht 0·572 *g* betrug, wurde in eine zehnprozentige rote Blutlaugensalzlösung 8 Tage lang eingelegt und dann wieder bei 110° C. getrocknet. Sie ergab infolge Aufnahme des Eisensalzes eine Gewichtszunahme von 0·049 *g* und war paramagnetisch, während sie vor dem Einlegen in die Lösung sich diamagnetisch verhielt. Ein anderes trockenes Stück Zellulose von 0·984 *g*, welches in fünfprozentige rote Blutlaugensalzlösung eingelegt worden war, erwies sich nach einer Aufnahme von 0·018 *g* der Eisenverbindung (etwa 2 %) gleichfalls paramagnetisch.

In gleicher Weise machte ich den Versuch mit Samen von *Phaseolus*, *Cucurbita* und fand, daß schon nach dem Imprägnieren mit ganz geringen Mengen von rotem Blutlaugensalz sonst diamagnetische Gewebe paramagnetisch wurden.

Wenn nun einzelne Pflanzen trotz ihres hohen Eisengehaltes auch in völlig wasserfreiem Zustande diamagnetisch sind, so ist wohl die Annahme berechtigt, daß hier das Eisen in Form einer Verbindung vorliegt, die dem gelben Blutlaugensalz analog gebaut ist, oder doch wenigstens sich magnetisch wie dieses verhält, wie schon oben hervorgehoben wurde. In anderen Fällen wurde in einzelnen Geweben, wie z. B. Peridermen, Oberhäuten, Parenchym aus den Früchten von *Lunaria biennis*, teilweise auch Hollundermark deutlich Paramagnetismus beobachtet. Daß dieser einzig und allein dem im Gewebe enthaltenen Eisen, nebenbei vielleicht auch dem Mangan zuzuschreiben ist, ist selbstverständlich und mit Rücksicht auf das entgegengesetzte Verhalten der beiden Blutlaugensalze ist man wohl zu dem Schlusse berechtigt, daß in den ausgesprochenen paramagnetischen Geweben das Eisen in Form einer dem roten Blutlaugensalze analog gebauten Verbindung oder eines gewöhnlichen Eisensalzes vorkommt.[1] Dabei ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß in dem Gewebe beide Arten von Eisensalzen, nämlich Oxyd- und Oxydulverbindungen, vorkommen, wobei selbstverständlich die quantitativ reichlichere den magnetischen Charakter des Gewebes bestimmt. Damit findet aber auch die Tatsache, daß manche Gewebe im frischen Zustande diamagnetisch, im trockenen Zustande aber paramagnetisch sind, eine sehr einfache Erklärung. Im wasserreichen Zustande ist eben der Paramagnetismus der vorhandenen Eisensalze zu schwach, so daß er dem ziemlich bedeutenden Diamagnetismus des liquiden Wassers und der übrigen Stoffe gegenüber nicht zur Geltung kommen kann.

---

[1] **Wiesner.** In der oben zitierten Schrift heißt es: Diejenigen Cyanverbindungen des Fe, Ni, Co, in welchen diese Metalle wie in einem Haloidsalze enthalten sind, verhalten sich paramagnetisch. Diejenigen Verbindungen, in welchen Cyan mit einem der drei genannten Metalle zu einem zusammengesetzten Radikal verbunden erscheint, können sowohl paramagnetisch als auch diamagnetisch sein.

Selbstverständlich hängt der Grad des Paramagnetismus von der Art der Eisenverbindung ab, welche sich in der Pflanze vorfindet. Die Art dieser Abhängigkeit ist aus den Magnetisierungszahlen ersichtlich, die, bezogen auf ein Grammmolekül, im Liter für Ferroverbindungen $K = 8.10^{-6}$, für Ferriverbindungen $K = 12.5^{-6}$ und für analoge Manganverbindungen 15.10^{-6} betragen.

Auch in der älteren Literatur wurde schon der verschiedene Grad des Magnetismus je nach der Beschaffenheit des Eisensalzes berücksichtigt. So gab Plücker folgendes an: Setzt man den Magnetismus des metallischen Eisens = 100.000, so ist der Magnetismus im Oxyd nur mehr 714, im Eisenglanz 761, Eisenoxydhydrat 296, in der Lösung von salpeterhaltigem Eisenoxyd 410, im salzsauren Eisenoxydul 490.

An dieser Stelle will ich einer Beobachtung Erwähnung tun, die ich an den Blättern von *Philadelphus coronarius* mehrere Male machte, sowohl an Blättern von verschiedenen Sträuchern dieser Art als auch zu verschiedener Zeit. Ich fand nämlich, daß Blätter dieser Art in einem schwachen Magnetfelde deutlich paramagnetisch waren, während sie abgestoßen wurden, sobald ich durch Einschalten stärkerer Ströme die Feldstärke vergrößerte. Ich machte den Versuch in der Weise, daß ich ein kleines rechteckiges Stück solcher Blätter zwischen beiden Polspitzen, die 22 *mm* voneinander entfernt waren, so aufhing, daß es frei schweben konnte: es stellte sich zwischen beiden Polspitzen axial ein; als ich die Feldstärke durch Einschalten stärkerer Ströme änderte, wurde es mäßig, aber deutlich abgestoßen. Dann ließ ich dasselbe Stück zwischen beiden Spitzen, die aber nur 6 *mm* voneinander entfernt waren, schweben und fand, daß es sich mit seiner Fläche auf die Verbindungslinie der beiden Pole senkrecht (äquatorial) stellte.

Eine Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung vermag ich nicht zu geben, sondern begnüge mich damit, auf analoge Beobachtungen von Plücker[1] hinzuweisen, welcher fand, daß

[1] Aus Pfaundler, Lehrb. der Physik, III. Bd., p. 984 ff. Braunschweig 1888 bis 1890.

Substanzen, denen Eisen in geringen Mengen beigemengt ist, sich in schwachen Feldern paramagnetisch, in starken Feldern aber diamagnetisch verhalten. Der Grund dafür ist der, daß das Eisen, wie von Physikern gezeigt wurde, über eine gewisse Grenze hinaus nicht magnetisiert werden kann. Wenn nun in einer Substanz geringe Mengen Eisen enthalten sind, genügen schon schwache magnetische Kräfte, um das Maximum des Magnetismus zu erzeugen. Sobald die Stromstärke wächst, so wächst proportional damit die Stärke des Diamagnetismus der ungleich größeren diamagnetischen Substanz.

Ob diese Erklärung auch für die von mir beobachtete Erscheinung ausreicht, vermag ich nicht zu entscheiden. Wenn nun einzelne Gewebe schon im frischen Zustande einen starken Magnetismus zeigen, wie z. B. die obgenannten Periderme, Oberhäute u. a., so ist wohl mit Recht anzunehmen, daß hier die Speicherung von paramagnetischen Eisensalzen eine sehr reichliche ist. Für anorganische Eisensalze wurde bereits von Physikern gezeigt, daß der Magnetismus dem Salzgehalte der Lösung proportional ist. In der Tat wurde von Molisch[1] nachgewiesen, daß gerade in Oberhäuten einzelner Pflanzen eine sehr starke Eisenreaktion zu beobachten ist. Was nun endlich das Mangan betrifft, welches unter den in der Pflanzenasche sich findenden Mineralsubstanzen gleichfalls paramagnetisch ist, vermag ich nicht zu sagen, in welcher Weise es bei der Beeinflussung des magnetischen Verhaltens der vegetabilischen Gewebe beteiligt ist. Seine Verbreitung in Pflanzen ist bekanntlich, wie neuerliche Untersuchungen gelehrt haben, eine viel größere, als man früher angenommen hat, aber sein Prozentsatz in der Pflanzenasche meist geringer als der des Eisens. Eine Ausnahme hievon machen *Usnea barbata* mit 5·5% und *Trapa natans*, bei welcher die Asche der Blätter 14%, die Asche der Samenschalen 68% Mangan enthalten; sowohl *Usnea barbata*, als auch Blätter von *Trapa natans* habe ich diamagnetisch gefunden.

Daß infolge des additiven Verhaltens sämtlicher in Geweben enthaltenen Stoffe auch das Mangan zum Teil für

[1] Molisch, l. c., p. 45.

den Magnetismus eines Gewebes mitbestimmend ist, ist wohl erklärlich.

Genauere Versuche über diesen Gegenstand habe ich jedoch nicht gemacht.

Resumé.

1. Die Mehrzahl der Pflanzengewebe ist, wie schon Wiesner fand, diamagnetisch; doch gibt es auch Pflanzengewebe, welche paramagnetisch sind.

2. Das magnetische Verhalten der vegetabilischen Gewebe wird vom Wassergehalte, von der Zellstruktur und vom Eisengehalte beeinflußt.

3. Die an Eisen reichen Gewebe sind häufig, wie schon Wiesner zeigte, diamagnetisch; doch gibt es, wie der Verfasser zeigte, auch eisenreiche Gewebe, welche einen entschiedenen paramagnetischen Charakter an sich tragen. Im ersteren Falle ist das Eisen zweifellos in einer diamagnetischen Verbindung vorhanden, im letzteren hingegen in Form eines gewöhnlichen Eisensalzes oder überhaupt in einer paramagnetischen Eisenverbindung.

4. Der Paramagnetismus ist zweifellos auf in demselben enthaltene paramagnetische Metallverbindungen, in erster Linie auf Eisen, zurückzuführen.

5. In den Pflanzengeweben sind magnetische Achsen nachweisbar, welche, soweit die bisherigen Beobachtungen reichen, mit den geometrischen Hauptachsen der die Gewebe zusammensetzenden Zellen zusammenfallen.